

УДК 691.327

РОЛЬ ПРОВОДНИКОВ В БЕТОНОВЕДЕНИИ: ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВЕРСИЯ

А.А. КУЧЕРЕНКО, доктор техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Ключевые слова: гипотеза, заряд, проводник, механизм взаимодействия, химические связи, бетон

Keywords: hypothesis, charge, conductor, interaction mechanism, chemical bonds, concrete

В работе изучена роль Fe- и Al-содержащего проводника в изменении свойств синтеза атомов друг с другом и гипотеза: «Электроны на своем пути в проводнике встречают какое-то сопротивление или нет. Если встречают, то электрическая энергия теряется в виде тепла и химические связи зарядов ослабевают с понижением прочности бетона». Изучить препятствия и регулировать процесс химической связи атомов в области материаловедения – наша задача. Согласно нормативным документам, в портландцементе Fe- и Al-содержащих минералов должно быть до 22%, а в высокоглиноземистых цементах содержание Al_2O_3 достигает 80%. И по аналогии выясняем, ускоренно или замедленно формируются химические связи при гидратации вяжущего, быстро ли отвердевает бетонная смесь и можем ли мы получить марку бетона в ранние сроки? Каков вклад проводников и диэлектриков в получение бетона специального назначения или с заданными свойствами? Каков механизм их взаимодействия с зарядом (ионом), их роль в создании бетона и обеспечении долговечности конструкции?



Кучеренко Александр Антонович, количество научных работ: 240 статей, 13 авторских свидетельств, 1 патент

В работе [1] рассмотрена роль положительного и отрицательного зарядов атомов и их взаимодействия при создании бетона. Но физико-химическое взаимодействие атомов исходного сырья, в частности движение иона одного знака к иону с противоположным зарядом, – путь сложный. Этот процесс может быть быстрым, если на пути сближения зарядов нет препятствий, или медленным – при наличии их. Тем более что природа (химический состав) исходного сырья для бетона (вяжущие, вода, заполнители, тонкомолотые наполнители, добавки и др.) – это ионы и проводники, полупроводники, диэлектрики (изоляторы) [2]. Общее свойство у них – наличие электрических зарядов (ионов атомов, молекул, минералов и др.). Ионы электрозаряжены только положительно или только отрицательно и потому вокруг себя создают электромагнитное поле (ЭМП). Проводники, полупроводники и диэлектрики содержат заряды разного знака в равном количестве – и потому электронейтральны и вокруг себя не создают ЭМП. Именно они могут создавать препятствия в движении ионов друг к другу, в их синтезе (создании новообразований, отвер-

девании смеси и нарастании прочности бетона). Тогда возникает гипотеза: «Проводники и диэлектрики способствуют или препятствуют движению электрических зарядов в ЭМП. Когда способствуют, то обеспечивают ускоренный, а препятствуют – замедленный процесс их взаимодействия и создания твердого тела».

И по аналогии – ускоренно или замедленно формируются химические связи при гидратации вяжущего, быстро ли отвердевает бетонная смесь и можем ли мы получить марку бетона в ранние сроки? Каков вклад проводников и диэлектриков в получение бетона специального назначения или с заданными свойствами? Каков механизм их взаимодействия с зарядом (ионом), их роль в создании бетона и обеспечении долговечности конструкции?

В данной работе рассматривается роль проводника (Пр) в изменении свойств синтеза атомов вяжущих веществ и гипотеза: «Электроны на своем пути в проводнике встречают какое-то сопротивление или нет? Если встречают, то электрическая энергия теряется в виде тепла и энергия химических связей зарядов ослабевает с понижением прочности бетона?». Изучить препятствия и регулировать процесс химической связи атомов в области материаловедения – наша задача.

Основные проводники: в цементном вяжущем Fe-, Al- и S-содержащие минералы, металлы тонкомолотого техногенного шлака и другие добавки; в заполнителях и наполнителях – металлы и сплавы (Ca, Al, Fe-, H, зола-унос др.); в жидкой фазе – вода, электролиты, водные растворы добавок, щелочей, кислот, солей и др. Все вещества (твердые, жидкие и газообразные) в зависимости от магнитных свойств делят на три группы: ферромагнитные, парамагнитные и диамагнитные. Ферромагнитные (Fe-содержащие минералы и др.) материалы обладают высокой магнитной проницаемостью и хорошо притягиваются к магнитам. К парамагнитным материалам относят Al-содержащие материалы (минералы

Таблица 1. Взаимодействие Fe-содержащего проводника с магнитами

№	Система	Характеристика разрыва		Сила связи	
		место	нагрузка, г	г/см ²	%
Взаимодействие двух магнитов: без проводника					
1	m1+m2	m1↔m2	3200	136,8	100
Взаимодействие заряда и проводника толщиной 1,5 мм					
2	(+m1-)+Пр	m1↔Пр	4500	192,3	141
3	Пр+(+m1-)	Пр↔m1	4400	188,0	137
4	(+m1-)+Пр+(+m2-)	m1↔Пр	4600	196,6	144
5		Пр↔m2	4500	192,3	141
6	(+m3-)+(+m1-)+Пр+(+m2-)	m1↔Пр	5100	217,9	159
7	(+m3-)+(+m1-)+Пр+(+m2-)+(+m4-)	m1↔Пр	4800	205,1	150
8		Пр↔m2	2800	119,7	87
толщина проводника 3,6 мм					
9	m1+Пр	m1↔Пр	3700	153,1	112
10	Пр+m2	Пр↔m2	3500	149,6	110
11	m1+Пр+m2	Пр↔m2	3800	162,4	119
толщина 2-х одинаковых проводников (3,6+3,6) мм					
12	m1+Пр+Пр	m1↔Пр	4200	179,5	131
13		Пр↔Пр	100	4,3	3
14	m1+Пр+Пр+m2	Пр↔m2	2100	89,7	66
толщина двух разных по природе проводников (1,5+3,6) мм					
15	m1+Пр _{1,5} +Пр _{3,6} +m2	Пр _{1,5} ↔Пр _{3,6}	0	0	0

цемента и др.). Они практически не притягиваются или притягиваются к магнитам и электромагнитам в тысячи раз слабее, чем ферромагнитные материалы. Диамагнитные материалы (смолы, вода, большая часть газов, воздух и пр.) отталкиваются от магнитов.

В строительном материаловедении этот вопрос ставится впервые, и потому нет данных по общему количеству проводников, например, в 1 м³ бетона. Но, согласно нормативным документам, в портландцементе Fe- и Al-содержащих минералов должно быть до 22%, а в высокоглиноземистых цементах содержание Al₂O₃ достигает 80% [3]. Они и подлежат рассмотрению. При создании твердого вещества нам известна работа системы «заряд – заряд» («з-з») [1], но системы «заряд – проводник» («з-Пр») и «заряд + проводник – заряд» («з-Пр-з») – требуют изучения. Методика проведения опытов изложена в работе [1].

Железосодержащие материалы (ферромагнетики). Система «магнит – проводник» (табл. 1) рассмотрена на примере образцов под номерами 2, 3, 9, 10, 12 и 13 в сравнении с контрольным образцом №1. Проводник притягивается к магниту отрицательным (№2) или положительным (№3) полюсами и приобретает силу связи на 37-41% больше контрольного №1. Очевидно, общая сила связи повышается за счет сил магнетизма, так как проводник хорошо реагирует на магнитное поле (МП), силы электрического поля (ЭП) и силы от подпитки зарядами проводника, перетекающими в нем к месту контакта с магнитом. О перетекании заряда свидетельствует слабая намагниченность внешней стороны проводника, который

удерживает груз 20 г, сравнительно с внешней стороной m1, который удерживает груз 600 г. Это одно из доказательств существования гипотезы: в системах №2, 9, 12 электроны на своем пути в проводнике к магниту не встречают сопротивления, при этом сумма химических связей зарядов проводника и магнита и сила их связи повышается, и встречают – когда спаренные проводники одной природы (№13, 14) и разной природы (№15) характеризуются меньшей величиной энергии их связи.

Причем проводник приобретает тот заряд полюса магнита, к которому притягивается. Рассмотренная система «з-Пр» – это способность заряда атома создавать с зарядом проводника новое вещество.

В бетоноведении получение новообразований по системе «з-Пр», т.е. «ион минерала – железосодержащий проводник», со значительным увеличением прочности их связи – фактор положительный: высокий заряд – это повышенная скорость химических реакций, ускоренное отвердевание смеси, повышенная прочность связей и возможность получения марки бетона в ранние сроки.

Одно из уникальных свойств систем №2 и 3: притянутый к любому полюсу магнита проводник с внешней (противоположной) стороны легко притягивает к себе другой магнит любого знака: независимо плюс или минус. Это позволяет исследователю получить две другие системы с одним знаком с внешних (активных) сторон: положительным (+m1-)+Пр+(-m2+) или отрицательным (-m1+)+Пр+(+m2-). Избыток отрицательных зарядов [1] в новообразованиях будет компенсирован системами с плюсовыми знаками. Это приведет к тому, что будет создан электронейтральный

бетон, т.е. более устойчивый к взаимодействию с окружающей средой и, следовательно, более долговечный. Однако такая система имеет сильное ЭМП с внешней стороны м1 и притягивает м2 со стороны проводника, что относит ее к системе «з–Пр–з».

Система «з–Пр–з» рассмотрена на примере образцов №4 и 5, когда проводник находится в среде заряженных веществ: между магнитами м1 и м2. Прочность связи его с зарядами увеличилась еще на 3–4%, достигнув 41–44% сравнительно с контрольной (№1). Но и эта система с внешних сторон м1 и м2 имеет сильные ЭМП, удерживающие груз 820 г, а потому способные к взаимодействию с соседними зарядами. И если м1 взаимодействует с третьим магнитом (м3, №6), то прочность связи м1 с проводником повышается еще на 15% сравнительно с системой №4, с общим увеличением прочности на 59% сравнительно с контрольными (№1). Замкнутая система №7 из 4-х магнитов свидетельствует о предельном достижении сил связи. Результаты опытов показывают постоянно и стабильно меньшую силу связи со стороны положительного полюса (образцы №3, 5, 8) в сравнении с отрицательным (№2, 4, 6 и 7). Такая же аналогия наблюдается и у образца №14. Все это подтверждает правильность гипотезы о наличии (с увеличением толщины проводника) или отсутствии (№2, 6, 9 и др.) препятствий при движении проводника в ЭМП.

Повышение прочности связи проводника с магнитом на 59% – достаточно весомое теоретическое обоснование, почему обычные бетоны, модифицированные тонкомолотыми наноразмерными наполнителями, имеют повышенные показатели и относятся к специальным бетонам нового поколения.

Система химических связей, образцов от простой системы №4 к более сложным под №6, 7, с синтезом множества зарядов разного знака – бесконечное, как «снежный ком», создание монолитного твердого тела – это мечта технолога. Но так ли это? Другой путь создания твердого тела – это химические связи внутри самой системы «з–з», когда минус одного заряда атома взаимодействует с плюсом заряда другого атома той же системы. Например, в системе №7 полюс с +м3 взаимодействует с противоположным полюсом –м4 этой же системы, создав индивидуальный комплекс из четырех атомов и одного проводника. Это уже новообразование электронейтральное или менее активное. И с ним затруднительно создавать другие химические связи. Возможно, так создается блочная структура бетона или с большим количеством поверхностей раздела.

Факторы, обеспечивающие силу связей. Радиус возбуждения. При постоянной величине заряда (силе магнетизма), чем больше масса проводника, тем короче радиус его взаимодействия с магнитом (начало возбуждения) и больше сила связи заряда с проводником (табл. 2).

Увеличение массы проводника в 30 раз сокращает длину связи в 98 раз, а сила связи повышается в 47 раз. Массивный проводник требует большего заряда атома для их взаимо-

действия. Эти результаты подтверждают известные данные [4]: чем короче химическая связь, тем она сильнее.

Таблица 2. Расстояние между магнитом и проводником разной массы в начале их взаимодействия

Масса проводника, г	20	40	50	100	200	400	500
Начало возбуждения, мм	9,8	8,6	7,1	6,0	2,9	0,8	0,3
Сила связи, г/см ²	12,1	24,1	30,1	60,2	120,5	241	331,2

Следовательно, чем мельче зерна проводника (например, тонкомолотого шлака, микрокремнезема и других современных наноразмерных веществ), тем больше радиус возбуждения, т.е. быстрее их химическое взаимодействие с возникновением большего количества новообразований. Резко повышается площадь эффективного ЭМП и сокращаются расстояния между синтезируемыми частицами.

Величина заряда (табл. 3) определяет размеры магнитного поля его взаимодействия с проводником. У слабого магнита радиус взаимодействия с проводником практически в 2 раза короче, чем у сильного. Исчезновение заряда – это полная потеря связи у проводника (системы типа №2 и 3) или ослабление связей у систем типа №4–7.

Таблица 3. Длина связи при начале взаимодействия магнита разной напряженности с проводником массой 20 г (система «заряд – проводник»)

Характеристика магнетизма	Слабый	Сильнее	Еще сильнее	Сильный
Начало возбуждения, мм	3,5	4,0	5,5	6,5

Поэтому в воде затворения смеси минералы вяжущего, превращаясь в ионы с большей силой заряда, должны обеспечивать короткие сильные связи с проводником. Такие связи обеспечивают повышенную плотность твердого тела, его прочность, а следовательно, и прочность конечного продукта. Сильные заряды могут приноситься в бетон и с добавками, особенно электролитами.

Толщина проводника (табл. 1) ослабляет силы связей между соседними магнитами: на 17% в образце №11, с двумя проводниками одной природы (№14) – на 54% сравнительно с №4, а с двумя проводниками разной толщины и природы – вплоть до отсутствия химических связей (№15). Система №15 распадается на две системы типа №2, 3 или №9, 10. Следовательно, толщина (например, дисперсность шлака) проводника – фактор, определяющий процесс синтеза. В этом может быть негатив проводника. Но автор считает очень большой выигрыш в способности №15 распасться на систему №3 с двумя положительно заряженными полюсами: у м1 и м2. Ценность этого в том, что всегда избыточное количество отрицательных зарядов [1] будет скомпенсировано плюсами и можно обеспечить получение более электронейтрального и стабильного в окружающей среде изделия (бетона).

Природа проводника (химический состав) разная: железо, жест, инструментальная сталь и др. Проводники (например, Fe-содержащие) обычно электронейтральны, однако пропускают сквозь себя электрический заряд кон-

тактирующего с ними заряженного атома, создавая систему «заряд – проводник» или несколько зарядов – систему «з–Пр–з» и др. Эти проводники реагируют на ЭМП заряда. Проводники разного химического состава, разных по количеству атомов, разной величины заряда атомов имеют и разную силу связи с магнитами (зарядами исходного сырья для бетона), табл. 4.

Таблица 4. Взаимодействие магнита с проводником разного химического состава

Место разрыва связей	Нагрузка, г	Сила связи, г/см ²
Магнита №1 от магнита №3	3400	145,3
Магнита №1 от проводника (железо)	3600	153,8
Магнита №1 от проводника (жесть)	2500	116,5
Магнита №1 от проводника (сталь)	500	21,4

Механизм взаимодействия заряда атома с железосодержащим проводником (ферромагнетиком). Заряд атома создает вокруг себя ЭП, порождающее магнитное поле. Вокруг атома возникает электромагнитное поле (ЭМП). Электронейтральный Fe-проводник в ЭМП реагирует на МП, возбуждается и ориентируется с поворотом к соответствующему полюсу магнита. Приближаясь, МП вплотную притягиваются друг к другу. В этот момент ферромагнетик реагирует на ЭП, и заряд атома одного знака (например, +) с зарядом проводника противоположного знака (–) синтезируют, т.е. вступают в химическую связь. Внутри проводника электроны перетекают к положительному полюсу магнита, увеличивая силу химической связи между ними и создавая в проводнике диполь. Противоположная (от магнита) сторона проводника приобретает эффективный (дипольный) заряд (табл. 1, системы типа №2, +м1–+Пр–). Создано простейшее твердое тело – новообразование из двух веществ. Это один из вариантов создания твердого тела. В такой системе,

если заряд исчезнет, исчезнет и ЭМП, а с ним притяжение проводника и потеря связи с магнитом (зарядом) – такая система рассыплется.

Другой вариант: положительно заряженная частица +м1 и отрицательно заряженный Пр– системы №2 готовы создать более сложное твердое тело в виде систем №4, 6, 7 и др. При этом ферромагнетик реагирует на МП и ЭП, увеличивая химическую связь за счет сил магнетизма и за счет величины заряда атома. Это результат увеличения прочности связи на 59%.

Алюминийсодержащие материалы (парамагнетики). Основные результаты опытов с ними приведены в табл. 5. Алюминиевые пластины любой толщины в системе «з–Пр» по типу №16 не реагируют на МП и ЭП. Не возникает химическая связь между ними и не создается твердое тело.

Система «з–Пр–з» по типу образцов № 17, 20, 22 и 24 способна создать твердое тело с парамагнитным материалом типа алюминия. Однако возникающие между зарядом и проводником химические связи, сравнительно с контрольными №1, теряют 18–81% прочности. Причина потери сил, очевидно, в том, что алюминиевый проводник не реагирует на МП и силы магнетизма отсутствуют, он сдерживает движение своих зарядов к месту синтеза с магнитом, и не только слабо подпитка контакта, но и слабо ЭП. Чем больше толщина проводника, тем меньше сила химических связей. Это подтверждает нашу гипотезу о возможности сдерживания перетекания электронов по мере увеличения толщины проводника и тем более изменения природы проводника (ферромагнитные на парамагнитные). С увеличением заряда в системах №18 и 19 сравнительно с системой №17 повышается сила химических связей, достигая контрольной.

И если учесть, что алюминий растворяется в растворах щелочей (их предостаточно в бетоне), превращаясь в

Таблица 5. Взаимодействие Al-содержащего проводника с магнитами (зарядами)

№	Система	Характеристика разрыва		Сила связи	
		место	нагрузка, г	г/см ²	%
Взаимодействие двух магнитов: без проводника					
1	м1+м2	м1↔м2	3200	136,8	100
Взаимодействие заряда и проводника толщиной 1,0 мм					
16	(+м1–)+Пр или Пр(+м1–)	м1↔Пр	0	0	0
17	(+м1–)+Пр(+м2–)	м1↔Пр	2000	85,4	82
18	(+м3–)+(+м1–)+Пр(+м2–)	м1↔Пр	2300	98,3	72
19	(+м3–)+(+м1–)+Пр(+м2–)+(+м4–)	м1↔Пр	3200	136,8	100
толщина проводника 1,5 мм					
20	м1+Пр+м2	м1↔Пр	1900	81,2	59
21	(+м3–)+(+м1–)+Пр(+м2–)+(+м4–)	м1↔Пр	3000	128,2	94
толщина проводника 5,0 мм					
22	м1+Пр+м2	м1↔Пр	1550	66,2	48
23	(+м3–)+(+м1–)+Пр(+м2–)+(+м4–)	м1↔Пр	2000	85,4	82
толщина проводника 8 мм					
24	м1+Пр+м2	м1↔Пр	600	25,6	19
25	(+м3–)+(+м1–)+Пр(+м2–)+(+м4–)	м1↔Пр	1700	72,6	53

Таблица 6. Термодинамические характеристики (IP, EA, ЭО) атомов и энергия (Eс) их связей [4]

Атом	IP, эВ	EA, эВ	ЭО, эВ	Энергия связей атомов (Eс), кДж/моль			
				Al≡Al	133	Fe≡Fe	87
Al	28,5	0,441	1,57	Al—O	511	Fe—O	406
Fe	151,1	0,151	2,16	O=O	192		
O	138,1	1,464	3,5				

Al(OH)₃, который в воде сильно гидролизует и поглощает различные вещества, то его роль в обеспечении долговечности бетона практически негативна.

Сравнительные результаты. Al-содержащий проводник по прочности химических связей и по электропроводности не выдерживает никакой критики сравнительно с Fe-содержащим проводником: первый теряет 81% прочности, а второй повышает ее на 59%. Второй способствует укреплению химических связей системы, а первый — сдерживает их. Почему так? Объяснения находим в сравнении термодинамических характеристик атомов железа в виде Fe₂O₃ и алюминия — Al₂O₃ и энергию их взаимодействия (табл. 6).

У Fe энергия, необходимая для отрыва электрона от атома (IP), в 5,3 раза больше, чем у Al, а сродство к электрону (EA) в 2,9 раза ниже. Поэтому электроны железного проводника встречают значительно меньшее сопротивление при перетекании к магнитам и усиливают их связи, а у алюминия — сдерживается этот процесс, меньшее количество электронов проводника перетекает к заряду магнита. Это подтверждают и величины электроотрицательности (ЭО): они в 1,4 раза выше у железа, т.е. Fe отдает валентные электроны легче, чем Al. Кроме того, энергия химических связей атомов Al в 1,5 раза сильнее Fe≡Fe, а межатомные связи Al—O выше в 1,3 раза, чем Fe—O. Все это подтверждает существование гипотез: электроны на своем пути в Al-проводнике встречают сопротивление и химические связи зарядов ослабевают, а у Fe способствуют — и химические связи их повышаются.

Позитивная роль алюминия в цементном вяжущем и необходимость его присутствия должна найти свое обоснование.

Характеристика твердой фазы бетона. Атом — это положительно заряженное ядро в среде отрицательно заряженных электронов. Твердое тело из двух синтезированных атомов — это два положительно заряженных ядра в среде обобществленных отрицательно заряженных электронов. Бетон — это множество индивидуальных твердых веществ в виде ядер атомов, колеблющихся в среде обобществленных электронов, т.е. электронного поля разной плотности. Чем выше плотность, тем выше прочность химических связей и их энергия. Эти связи и определяют все свойства бетонов. Их надо воспринимать как единое сплошное ЭМП, в котором дискретно размещены («утоплены») твердые вещества: атомы минералов и Fe-содержащие атомы проводника в цементном вяжущем. В созданном твердом теле ни проводник, ни заряженные или электронейтральные твердые вещества не соприкасаются друг с другом. Они расположены вдали друг от друга на расстоянии длины химических связей.

Выводы:

1. Теоретически обоснована роль Fe- и Al-содержащих проводников как компонентов цементных вяжущих и добавок к ним (микрокремнезем, фуллерены и т.п.) в бетоне. Отмечена позитивная роль Fe- и негативная Al-содержащих материалов, что требует практического подтверждения.

2. Изучены основные факторы, определяющие взаимодействие заряда атома (иона) с Fe- и Al-содержащим проводником на силу их связи: она тем выше, чем больше величина заряда, меньше масса и толщина проводника. Количество проводника, очевидно, должно быть оптимальным. Термодинамические характеристики атомов оксидов железа и алюминия подтверждают результаты этих исследований.

3. Изложены основы механизма взаимодействия заряда атома с Fe- и Al-содержащими проводниками. Fe-содержащие проводники реагируют на МП и ЭП соседнего заряда и, синтезируя с ним, повышает энергию межатомных связей на 44-59%. Al-содержащие проводники реагируют только на ЭП, теряя 18-81% прочности межатомных химических связей.

4. Подтверждены гипотезы о том, что Fe-содержащий проводник способствует продвижению электрических зарядов в ЭМП, а электроны проводника не встречают сопротивления в продвижении их внутри проводника к месту контакта с зарядом (магнитом), повышая прочность их связи (на 44-59%). Al-содержащий проводник не имеет своего и не реагирует на ЭМП соседнего заряда, а электроны внутри проводника сдерживаются, уменьшая энергию их связи (на 18-81%).

5. Подтверждены гипотезы о том, что Fe-содержащий проводник с увеличением количества, толщины, массы и изменением природы не способствует продвижению электрических зарядов в ЭМП, а электроны внутри проводника встречают сопротивление при перемещении к месту контакта с зарядом (магнитом) со снижением или полной потерей прочности их связи.

6. В бетоне дисперсность, количество и природа проводника в среде ионизированных атомов (комплексов) цемента — важный фактор.

7. Перспективно изучение роли диэлектрика и токопроводящей жидкой фазы бетона.

Библиографический список

1. Кучеренко А.А. Отвердевание и рост прочности бетона: электромагнитная версия // Технологии бетонов, №3-4, с. 10-13.
2. Иоффе А.Ф. О физике и физиках. — Л.: Наука, 1985, — 344 с.
3. Дворкин Л.И. Будівельні матеріалознавство / С.Д. Палівська. — Рівне: ІУВГП. 2016, — 448 с.
4. Бацапов С.С. Структурная химия. Факты и зависимости. — М.: Диалог-МГУ, 2000, — 292 с.